

역학적 축 선정에 따른 전후면 경골천장각의 단순방사선학적 분석

경상대학교 의학전문대학원 정형외과학교실

박진성 · 정순택 · 황선철 · 김동희 · 곽지용 · 윤홍권 · 남대철

Radiographic Analysis of Tibial-Articular Surface Angle According to the Selection of the Mechanical Axis

Jin-Sung Park, M.D., Soon-Taek Jeong, M.D., Sun-Chul Hwang, M.D., Dong-Hee Kim, M.D.,
Ji-Yong Gwark, M.D., Hong-Kwon Yoon, M.D., Dae-Cheol Nam, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Gyeongsang National University, College of Medicine, Jinju, Korea

=Abstract=

Purpose: We investigated a statistical difference of tibial-articular surface (TAS) angles between radiographs of standing ankle anteroposterior (AP) and whole lower extremity view, and evaluated whether the tibial axis obtained from the standing ankle AP view reflects the original mechanical axis of lower extremity.

Materials and Methods: Both the standing ankle AP and whole lower extremity view were taken from 60 legs of 30 healthy volunteers without a history of ankle surgery or deformity of lower limb. To determine the tibial axis, Takakura's and Hintermann's method were employed in the standing ankle AP view. To compare these results with the original TAS angle, ANOVA and multiple comparison test were used.

Results: The mean TAS angle was 88.3 degrees(from hip joint to ankle), 89.5 degrees (from knee joint to ankle), 88.5 degrees (Takakura's method), and 90.2 degrees(Hintermann's method). Although there was a statistical significance ($p=0.000$) between these results, Takakura's method had no significant difference, compared to the results of whole extremity view by the multiple comparison test.

Conclusion: The tibial axis obtained by Takakura's method reflects the original mechanical axis of lower extremity. When a surgical procedure is planned, however, it is necessary to consider that the ankle radiographs do not provide any information on the proximal deformity without the whole lower extremity view.

Key Words: Mechanical axis, Tibial-articular surface angle, Radiographs

Received: July 9, 2013 Revised: August 11, 2013
Accepted: August 20, 2013

• **Corresponding Author: Dae-Cheol Nam**
Department of Orthopaedic Surgery, Gyeongsang National University Hospital, Gangnam-ro 79, Jinju, Gyeongnam, 660-702, Korea
Tel: +82-55-750-8107 Fax: +82-55-750-9244
E-mail: ortho87@naver.com

• 본 논문의 요지는 2011년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

서 론

전후면 경골 천장각(tibial-articular surface angle, TAS 각)은 원위 경골이나 족관절 및 후족부에 발생한 부정 정렬 치료 시 고려해야 할 중요한 방사선학적 지표로서 주로 과상부 절골술이나 인공 관절 치환술 등의 수술 전후 평가에 흔히 사용되고 있다.¹⁻⁵⁾ 이상적인

TAS 각을 측정하기 위해서는 하지 전장 및 경골 전장의 체중 부하 촬영을 통해 경골의 정확한 역학적 축을 선정해야 하지만 실제 임상에서는 간혹 술전 검사 또는 술 후 추시도중 하지 전장 사진을 촬영하지 않았거나 수술도중 하지 전장 사진을 얻기 어렵다는 점 등으로 인해 족관절 전후면 단순방사선 사진을 통해 측정하는 경우가 많으며, 이 때 경골의 역학적 축을 선정하기 위한 방법으로서 경골의 중심을 지나는 직선을 이용하게 되는데 이를 위해 골간부 또는 골간단부 내외측 피질골간의 폭을 계산하여 그 중간에 해당하는 임의의 두 지점을 잇는 형태로 사용한다. 문헌에 따르면 족관절로부터 일정한 거리에 위치한 경골의 두 지점을 선정하는 Takakura 방식^{6,7)}과 원위 경골 관절면으로부터 두 개의 연결되는 원을 그린 후 각각의 중심을 연결하는 Hintermann 방식⁸⁾이 있다. 그러나 이처럼 족관절 사진을 통해 얻어진 TAS 각이 과연 경골 전장 또는 하지 전장의 역학적 축을 이용해 측정된 TAS 각을 반영할 수 있는지에 대한 연구는 많지 않으며, 특히 위 두 방식 모두를 이용하여 비교한 측정값에 대한 연구는 아직 보고된 바가 없다.

따라서 저자들은 체중부하 족관절 전후면 촬영을 통해 선정된 경골의 축과 하지 전장 촬영을 통해 선정된 경골의 축 사이에 차이가 있을 것으로 가정한 후 이를 비교하기 위한 방법으로 총 네 가지 서로 다른 TAS 각 측정법을 이용하였다. 즉, 체중 부하 하지 전장 사진으로부터 슬관절과 족관절의 중심을 연결하여 얻은 경골의 역학적 축 및 고관절을 포함하여 선정한 하지 전체의 역학적 축을 통해 TAS 각을 구하고 이를 Takakura 및 Hintermann 방식을 이용해 측정된 TAS 각과 비교하여 그 통계학적 유의성 여부를 확인하였으며, 이를 통해 족관절 전후면 사진에서 측정된 경골의 역학적 축이 실제 경골 및 하지 전장의 역학적 축을 대변할 수 있는지 가능해 보고자 하였다. 동시에 성별 및 좌우측 하지간 차이 여부를 평가해 보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상 선정

연구에 앞서 피험자 선정 및 동의서 획득을 위한 본원 윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인

을 얻었으며(IRB File No: 2011-10-085-001), 2011년 3월부터 약 2개월간 본원 정형외과 외래 내원객 중 하지 외상 및 수술 병력이 없고 육안적인 하지 변형이 관찰되지 않는 성인 30명의 양측 하지 60례를 대상으로 하였다. 남녀 각각 15명, 평균 연령 29.3세(22~37), 평균 신장 170.3 cm(153.5~185.3)였다.

2. 촬영 방법

모든 대상에 공통으로 체중부하 상태에서의 하지 전장 및 양측 족관절 전후면 단순방사선 촬영을 시행하였다. 맨발 상태로 양측 족부의 내측연을 약 10 cm 간격을 두고 평행하게 유지하였고 슬개골과 제 2족지를 방사선 관구를 향해 정면으로 위치한 상태로 서 있게 하였다. 방사선 관구와 측정 부위와의 거리는 하지 전장 촬영 시 약 280 cm, 족관절 촬영 시 약 110 cm였으며 촬영빔의 투과는 최대한 슬관절 및 족관절의 관절면과 일치하도록 조절하였다.

3. 역학적 축 선정과 TAS 각 측정

전례에서 PACS 영상 프로그램(IMPAX ES, Agfa

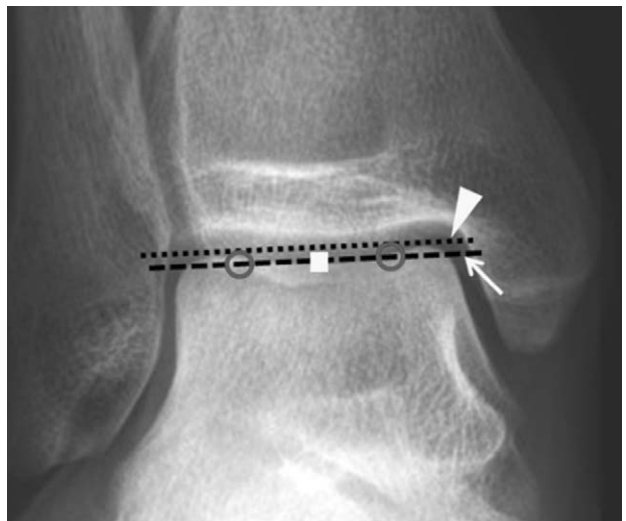


Figure 1. The center of ankle joint (square) was determined by the point bisecting a line (arrow) touches both the medial and lateral outermost surface of talus as well as the deepest portion of talar dome. This line should be also parallel with a line (arrowhead) which contacts the most upper point of both medial and lateral talar dome.

Healthcare, Belgium)을 이용하였다. 먼저 하지 전장 사진에서는 각각 대퇴 골두의 중심 및 두 경골 극(tibial spine)의 중심과 거골 원개(talar dome)의 중심을 지나 는 두 개의 역학적 축을 선정하였다. 대퇴 골두의 중심 은 대퇴 경부 및 중심와(fovea centralis)를 제외한 골 두의 관절면을 모두 접하는 원의 중심으로 선정하였으 며, 거골 관절면 중 내측과 외측의 가장 높은 지점을 연 결한 선에 평행한 선을 거골 원개의 가장 낮은 지점 을 지나도록 하여 이 선이 거골의 내측 및 외측과 만나는 지점 사이의 거리를 측정한 후 그 중간 지점을 거골 원 개의 중심으로 정의하였다(Fig. 1). Takakura 방식에 서는 거골 관절면의 가장 내측으로부터 8 cm 및 그로부 터 5 cm 근위부 지점을 각각 선정한 후 이 지점에 해당

되는 경골 좌우 폭의 중심을 연결한 선을 역학적 축으로 정의하였고(Fig. 2), Hintermann 방식에서는 원위 경 골 천장부와 내외측 경골 피질골에 동시에 접하는 원을 그린 후 그보다 근위부에 역시 경골 양측 피질골과 접하 면서 원위부 원에 접하는 또 하나의 원을 그린 다음 이 두 원의 중심을 연결하는 선을 역학적 축으로 정의하였 다(Fig. 3). 이렇게 네 가지 방식에서 각기 달리 선정된 역학적 축과 원위 경골 관절면이 이루는 내측 각도를 각 각 TAS-L(고관절에서 측정한 방식), TAS-K(슬관절 부 터 측정한 방식), TAS-T (Takakura 방식), TAS-H(Hintermann 방식)로 명칭한 후 계측하였으며, 측정 치의 신뢰도 평가를 위하여 3명의 정형외과외과가 1개월 간격으로 각각 2회씩 측정하였다.



Figure 2. In Takakura’s method, the tibial axis lies between midpoints of the tibial shaft at 8cm and 13 cm above the medial corner of the surface of the talar dome.

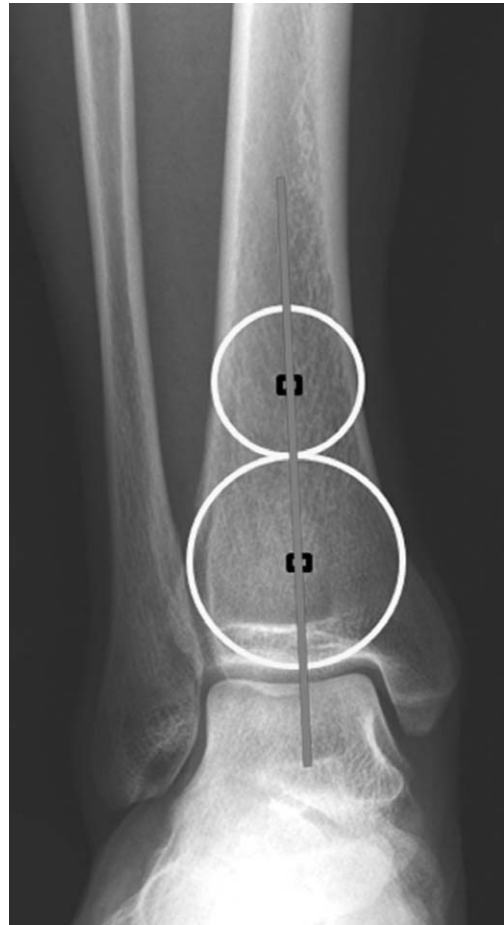


Figure 3. In Hintermann’s method, the tibial axis is drawn by a line that connects each center of two circles, which are composed of a lower and larger circle fit for the three cortices (medial, lateral, tibial plafond) and another upper one touching both the tibial cortices and lower circle.

4. 통계학적 분석

네 가지 방식간의 측정값의 비교는 분산분석(ANOVA) 및 Tukey 사후 검정(Tukey post hoc test)을 통한 다중 분석(multiple comparison)을 이용하였고, 표본의 정규성 검정에서 정규 분포가 확인되었던 바 독립 표본 t 검정을 통해 남녀간 및 좌우 측정값간의 차이를 분석하였다. 관찰자간 및 관찰자내 신뢰도 평가를 위하여 급내 상관계수(Intraclass correlation coefficients, ICC)를 계산하였고, 그 값이 0.41~0.60

일 경우를 보통(moderate), 0.61~0.80일 경우를 양호(good), 그리고 0.81이상일 경우를 우수(excellent)로 정의하였다. 유의 수준은 5%로 하였으며, 모든 통계 처리는 SPSS 18.0(SPSS Inc., Chicago, U.S.A) 프로그램을 이용하였다.

결 과

TAS 각의 평균값은 각각 TAS-L 88.3도(87.5~89.1도), TAS-K 89.5도(84.6~97.1도), TAS-T 88.5도

Table 1. Mean Values of Tibial Articular Surface (TAS) Angles in 4 Methods (ANOVA)

Method	Mean (degrees)	SD	Min (degrees)	Max (degrees)
TAS-L	88.3	3.1	80.4	95.2
TAS-K	89.5	2.8	84.6	97.1
TAS-T	88.5	2.3	84.0	93.7
TAS-H	90.2	2.4	84.3	94.6

p value=0.000

Table 2. Multiple Comparison by Tukey post hoc test between 4 Methods

Method 1	Method 2	Mean difference	<i>p</i> value
TAS-L	TAS-K	-1.2	0.079
	TAS-T	-0.2	0.971
	TAS-H	-1.9	0.001
TAS-K	TAS-L	1.2	0.079
	TAS-T	0.9	0.206
	TAS-H	-0.7	0.474
TAS-T	TAS-L	0.2	0.971
	TAS-K	-0.9	0.206
	TAS-H	-1.6	0.004
TAS-H	TAS-L	1.9	0.001
	TAS-K	0.7	0.474
	TAS-T	1.6	0.004

Table 3. Difference in TAS between Men and Women (independent t test)

Method	Mean (SD) (degrees)		<i>p</i> value
	Men	Women	
TAS-L	88.7 (3.3)	88.0 (2.9)	0.339
TAS-K	90.0 (3.1)	89.0 (2.4)	0.288
TAS-T	89.0 (2.4)	88.5 (2.2)	0.878
TAS-H	90.2 (2.3)	90.2 (2.5)	0.599

SD: Standard deviation

(84.0~93.7도), TAS-H 90.2도(84.3~94.6도)로 ANOVA 검정 시 이들의 측정값은 서로 유의한 차이를 보였다($p=0.000$) (Table 1). 그러나 다중 분석을 통한 측정방법간의 비교에서는 총 두 가지 형태로만 유의한 차이를 보였으며 이는 각각 TAS-T와 TAS-H ($p=0.004$), TAS-L과 TAS-H ($p=0.001$)로 나타났고, 그 외의 방식들 간에는 모두 통계적 유의성이 없었다 (Table 2). 성별간 및 좌우 측정값의 비교에 있어서도 네 가지 방법 모두 유의한 차이를 보이지 않았으며 (Table 3, 4), 관찰자간 및 관찰자내 신뢰도 분석에 있어 네 가지 방법 모두 우수한 급내 상관계수가 확인되었다 (Table 5).

고 찰

일반적으로 경골의 장축과 원위 경골 관절면이 이루는 내측 각도로 측정되는 TAS 각은 정상인에 있어서 약 87도부터 93도 정도로 다양하게 보고되어 있으며,^{1,6,9-12} 사체 연구를 통한 Inman의 경우 경골의 해부학적 축과 원위 경골 관절면이 이루는 각도를 측정하였고,⁹ Knupp 등은 수술 중에 확인하기 어려운 경골의 해부학적 축 대신 관절외에 위치하면서도 쉽게 측지가

가능한 경골 조면을 경골 측 선정의 기준점으로 제시한 바 있다.¹⁰ 반면 족관절 전후면 촬영을 통해 TAS 각을 측정하는 방식은 어느 지점을 연결하여 경골의 축을 선정할지에 대한 기준이 모호하며 Takakura 및 Hintermann의 방식만이 구체적인 측정법을 명시하고 있기에 본 연구에서는 이 두 가지 방식을 적용한 TAS 각을 측정하였으며 이를 실제 하지 전장 사진으로부터 얻어진 TAS 각과 분산분석을 통한 비교시 네 가지 측정값간의 유의한 차이가 있었다. 그러나 이러한 일차 결과물 토대로 네 가지 방식을 서로 각각 비교한 다중분석에서는 Takakura 방식은 고관절 및 슬관절부터 측정된 방식 모두와 통계적 유의성이 없었으며, Hintermann 방식도 슬관절부터 측정된 방식과는 유의한 차이를 보이지 않았으므로 분산분석에서 보였던 네 방식간의 차이는 결국 족관절 전후면 사진을 이용한 두 방식(TAS-T와 TAS-H), 그리고 Hintermann 방식과 고관절을 포함하여 역학적 축을 구하는 방식(TAS-H와 TAS-L) 등 총 두가지 방식의 차이로 인한 것으로 판단되었다.

TAS 각은 측면 경골 천장각(tibial-lateral surface angle, TLS 각)과 함께 족관절 변형 및 관절염 등의 수술적 가료 시 교정각의 예측을 통한 술전 계획 수립 및 술 후 평가에 사용되는 유용한 지표로서 특히 후족부의

Table 4. Difference in TAS between Right and Left legs (independent t test)

Method	Mean (SD) (degrees)		p value
	Right	Left	
TAS-L	88.4 (3.2)	88.3 (3.1)	0.918
TAS-K	89.7 (2.7)	89.3 (2.8)	0.722
TAS-T	89.0 (2.3)	89.0 (2.2)	0.675
TAS-H	90.1 (2.5)	90.3 (2.3)	0.455

SD: Standard deviation

Table 5. Reliability analysis of 4 different methods by ICC

Method	Reliability (ICC) (95% CI)	
	Interobserver	Intraobserver
TAS-L	0.97 (0.95~0.98)	0.99 (0.99~0.99)
TAS-K	0.94 (0.91~0.96)	0.96 (0.93~0.98)
TAS-T	0.92 (0.87~0.95)	0.95 (0.92~0.97)
TAS-H	0.87 (0.78~0.92)	0.92 (0.87~0.95)

ICC: Intraclass correlation coefficient, CI: Confidence interval

내반 및 외반과 같은 관상면상의 변형을 교정할 때 필수적으로 고려해야 할 요소로 알려져 있다.¹⁰⁾ 측정에 필요한 단순방사선 검사로서 체중 부하 상태의 족관절 전후면 및 측면 촬영과 하지 전장 촬영 등이 있으며 이 중에서도 근위부의 각 변형이나 정렬 상태의 확인 및 경골의 축을 결정하기 위해서는 하지 전장 촬영이 중요하지만 임상에서는 족관절 전후면 사진을 통해 TAS 각을 구하는 경우를 흔히 볼 수 있으며, 실제 과상부 절골술이나 인공 관절 치환술 등의 방사선학적 평가 시에도 족관절 전후면 촬영이 사용되는 경우가 많다.¹³⁻¹⁶⁾ 그러나 슬관절이 포함되지 않은 족관절 전후면 사진에서 얻어진 경골의 축이 과연 실제 경골 또는 하지 전체의 역학적 축을 반영할 수 있는지에 대해서는 의문이 있었기에 본 연구를 시행하게 되었으며, 그 결과 족관절 전후면 사진에서 경골의 축을 구하는 방법들 중 Takakura 방식만이 하지 전장 및 경골 전장을 이용한 두 가지 방식 모두와의 비교 시 TAS 각에 의미있는 차이를 보이지 않았으므로 실제 임상에서는 Takakura 방식을 적용하는 것이 보다 정확한 하지의 역학적 축을 반영할 확률이 높다고 해석할 수 있다. 만약 하지 전장의 역학적 축을 무시하고 경골만의 역학적 축과 비교한다면 Hintermann 방식도 유의한 차이가 없으므로 사용 가능하다고도 볼 수 있으나 이 경우 경골과 하지 전장의 역학적 축이 같지 않다는 모순이 발생하며, 따라서 본 연구에서 Hintermann 방식은 하지 고유의 축을 대변하지 못한다고 생각된다. 또한 각 방식별 측정값을 성별과 나이로 나누어 비교했을 때에도 모두 유의한 차이를 보이지 않아 남녀 모두 동일하게 사용될 수 있을 뿐 아니라 환측의 병변이 고도로 진행되어 교정 정도를 미리 평가하기 어려운 경우 건축의 TAS 각을 목표값으로 반영할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 본 연구 결과와는 다르게 실제 Hintermann 방식을 이용한 연구⁸⁾에 의하면 족관절 전후면 사진과 경골 전장 사진에서 측정된 TAS 각은 서로 같지 않다고 보고하였는데 이는 통상적으로 경골 극이나 대퇴 과간 절흔(intercondylar notch) 사이에서 슬관절의 중심을 구하는 방식¹²⁾을 쓰는 대신 근위 경골부에도 원을 그린 후 그 중심을 선정하여 측정하였기 때문으로 생각된다.

한편 족관절 전후면 사진을 이용한 두 방식간의 TAS 각에 유의한 차이가 발생한 것은 Hintermann 방식의 경우 두 원의 중심이 Takakura 방식의 두 점을 선정하

는 위치보다 항상 원위부에 위치하게 되므로 골간단부로 갈수록 폭이 넓어지고 부피가 증가하는 원위 경골의 형태학적 특성에서 기인했을 가능성이 있다. 또한 전후면 단순방사선 사진이라는 점을 감안하면 원을 그렸을 때 만들어지는 중심이 반드시 3차원적인 골간단부의 중심으로 볼 수는 없으므로 엄밀히 경골의 중심을 연결하였다고 보기는 어렵다고도 볼 수 있을 것이다. 그 외에도 실제 임상 적용 시 관절면의 파괴나 변형이 심한 상태라면 정확한 원의 경계를 설정할 수 없으므로 보다 근위부에서 측정하는 Takakura 방식을 사용하는 것이 효과적일 수 있다. 추가적으로 두 방식의 차이는 연구 지역의 특성상 본질적으로 인종간의 차이에서 기인했을 가능성도 내포한다고 추정되며 이처럼 두 방식간에 차이를 보일 수 있는 여러 가지 인자에 대해서는 향후 비교 분석 및 검사 타당도를 연구하여 보다 임상적으로 유용한 방식을 선택하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 평균 연령이 30세 미만인 비교적 젊은 성인만을 대상으로 시행되었기에 연령대별 측정값을 제시하지 못한 단점이 있다. 연령과 경골의 축 간의 상호 관계에 대해서는 명확히 검증된 바가 없으나 고관절의 경우 나이가 들수록 대퇴 경간각(neck-shaft angle)이 점차 감소하는 것으로 알려져 있으며,¹⁷⁾ 따라서 TAS 각 측정시에도 유사한 변화가 있을 가능성에 대한 추가적인 조사가 요구될 것으로 생각된다. 그 외에도 대상군을 육안상 정상 하지 정렬을 보였던 경우로 국한하였기에 실제 족관절 근위부에 잠재된 변형을 간과할 수 있으며, 이는 Takakura 방식이 하지 전체의 역학적 축을 대변할 수 있다 하더라도 결국 족관절 사진만으로는 충분한 정보를 얻을 수 없다는 한계가 있다. 하지만 임상에서 자주 사용되는 측정방식들이 실제 고유의 TAS 각을 얼마나 정확하게 반영할 수 있는지를 통계적으로 규명해 본 연구라는 점에서 의의가 있으며, 향후 대상 집단의 확대 및 연령대별 측정값 등을 보완한다면 수술적 치료 시 계획 수립과 추적 조사에 사용할 수 있는 지침으로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

결 론

체중 부하 상태의 족관절 전후면 단순 방사선 사진에서 측정된 TAS 각은 하지 전장 사진에서 얻어진 측정값과 비교한 결과 Hintermann 방식은 하지 전장의 역

학적 축을 이용한 측정 방식과 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 Takakura 방식에서는 유의한 차이가 보이지 않았다. 따라서 Takakura 방식으로 선정된 경골의 축은 경골 및 하지 전체의 역학적 축을 반영하는 것으로 해석할 수 있다.

REFERENCES

1. **Becker AS, Myerson MS.** *The indications and technique of supramalleolar osteotomy.* *Foot Ankle Clin.* 2009;14:549-61.
2. **Stamatis ED, Cooper PS, Myerson MS.** *Supramalleolar osteotomy for the treatment of distal tibial angular deformities and arthritis of the ankle joint.* *Foot Ankle Int.* 2003;24:754-64.
3. **Stamatis ED, Myerson MS.** *Supramalleolar osteotomy: indications and technique.* *Foot Ankle Clin.* 2003;8:317-33.
4. **Takakura Y, Takaoka T, Tanaka Y, Yajima H, Tamai S.** *Results of opening-wedge osteotomy for the treatment of a post-traumatic varus deformity of the ankle.* *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80:213-8.
5. **Takakura Y, Tanaka Y, Kumai T, Tamai S.** *Low tibial osteotomy for osteoarthritis of the ankle. Results of a new operation in 18 patients.* *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77:50-4.
6. **Hayashi K, Tanaka Y, Kumai T, Sugimoto K, Takakura Y.** *Correlation of compensatory alignment of the subtalar joint to the progression of primary osteoarthritis of the ankle.* *Foot Ankle Int.* 2008;29:400-6.
7. **Tanaka Y, Takakura Y, Fujii T, Kumai T, Sugimoto K.** *Hindfoot alignment of hallux valgus evaluated by a weightbearing subtalar x-ray view.* *Foot Ankle Int.* 1999;20:640-5.
8. **Stufkens SA, Barg A, Bolliger L, Stucinskas J, Knupp M, Hintermann B.** *Measurement of the medial distal tibial angle.* *Foot Ankle Int.* 2011;32:288-93.
9. **Inman VT, Stiehl JB.** *Inman's joints of the ankle. 2nd ed. Baltimore: William & Wilkins; 1991;31-74.*
10. **Knupp M, Ledermann H, Magerkurth O, Hinterman B.** *The surgical tibiotalar angle: a radiologic study.* *Foot Ankle Int.* 2005;26:713-6.
11. **Monji J.** *[Roentgenological measurement of the shape of the osteoarthritic ankle (author's transl)]. Nihon Seikeigeka Gakkai Zasshi.* 1980;54:791-802.
12. **Moreland JR, Bassett LW, Hanker GJ.** *Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity.* *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69:745-9.
13. **Anderson T, Montgomery F, Carlsson A.** *Uncemented STAR total ankle prostheses. Three to eight-year follow-up of fifty-one consecutive ankles.* *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85:1321-9.
14. **Hintermann B, Valderrabano V, Dereymaeker G, Dick W.** *The HINTEGRA ankle: rationale and short-term results of 122 consecutive ankles.* *Clin Orthop Relat Res.* 2004:57-68.
15. **Tanaka Y, Takakura Y, Hayashi K, Taniguchi A, Kumai T, Sugimoto K.** *Low tibial osteotomy for varus-type osteoarthritis of the ankle.* *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88:909-13.
16. **Valderrabano V, Hintermann B, Dick W.** *Scandinavian total ankle replacement: a 3.7-year average followup of 65 patients.* *Clin Orthop Relat Res.* 2004:47-56.
17. **Hefti F.** *Deviations in the axes of the lower extremities.* *Orthopade.* 2000;29:814-20.